

空気注入不飽和化工法の開発 その6：千葉県袖ヶ浦市での現場実験（実験概要）

東亜建設工業(株) 正会員 ○太田 正規 (株)不動テトラ 磯谷 修二
 オリエンタル白石(株) 大内 正敏 (株)ダイヤコンサルタント 高野 仁
 四国地方整備局 正会員 岡田 克寛 愛媛大学大学院 正会員 岡村 未対

1. はじめに

地盤の液状化は緩く堆積した飽和砂地盤で生じ易く、締固めや薬液、セメントによる改良・改質などの各種原理に基づいた多くの対策工法が実用化されている¹⁾。しかしながら、これらの多くは工費が高く、広範囲を改良する場合には莫大な費用が必要になり、既設構造物直下を改良対象にできる工法もごく限られているのが現状である。著者らはこれら問題点を踏まえ、地盤内に空気を注入するだけの容易かつ安価な液状化対策として、空気注入不飽和化工法の開発を行ってきた²⁾。本報では、当開発の中で実施した千葉県袖ヶ浦市での現場実験に関する概要を中心に、空気注入の方法とその注入履歴について説明する。

2. 実験サイトの概要

実験は千葉県袖ヶ浦市の沿岸部を浚渫土砂により人工的に埋立てた造成地盤にて実施した。図-1 に実験に先立って実施した標準貫入試験結果(N 値)と細粒分含有率 F_c の深度分布を示す。地表面から G.L.-2.0m までの表層固化部と G.L.-5.0m 付近の高い F_c を示すシルト層を除けば、 F_c は概ね 10% 程度の比較的均質な砂層である。 N 値は G.L.-6.5m 以深で 30 以上を示すが、それ以浅は 10 程度であった。

当地点での地下水位は約 G.L.-3.3m の位置にあり、1ヶ月間の連続観測で 20cm 程度の変動が観測された。また、地下水の比抵抗は 8~13 Ω m の範囲内にあった。

G.L.-6.0m より採取したサンプリング試料を間隙率 $n=0.4$ となるように調整して作製した供試体を用いて、水頭法による土の保水性試験を実施した結果、空気侵入値 p_{aev} は 4.0kN/m² であった³⁾。

3. 空気注入方法

(1) 断面構成(空気注入孔, 比抵抗電極)

空気注入は、図-2 に示す断面構成により実施した。空気注入孔は孔径 $\phi 86$ mm、電極孔は $\phi 66$ mm のボーリング孔をそれぞれ削孔し、空気注入管と電極ケーブルを埋設した。なお、電極ケーブルは地盤の比抵抗を測定するために空気注入孔とその周辺に設置し、空気注入直前に計測した値からの変化率によって、注入中の空気の拡がりをモニタリングすることを目的としている。各孔の埋め戻しは、空気注入孔では吐出した空気が削孔部周辺から漏気することなく、地盤内に確実に侵入するようにフィルター層(2号珪砂相当)とシール層(ベントナイトペレット、セメントベントナイト)の組合せ構造とした。また、電極孔は漏気防止のシール層(セメントベントナイト)のみとした。空気注入は、これらシール層が硬化した1週間の養生を経た後に実施し

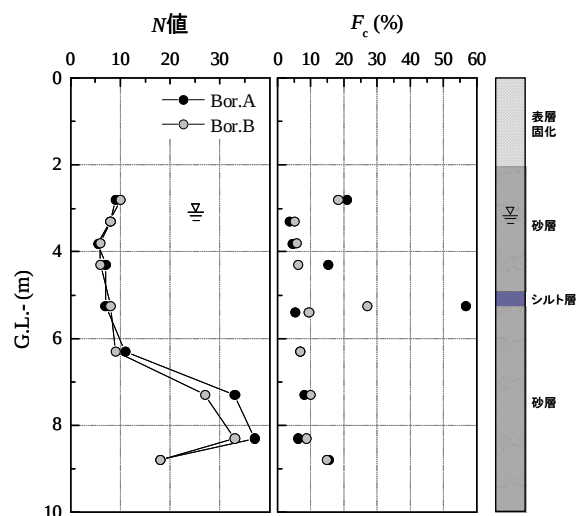


図-1 実験サイトの地盤特性

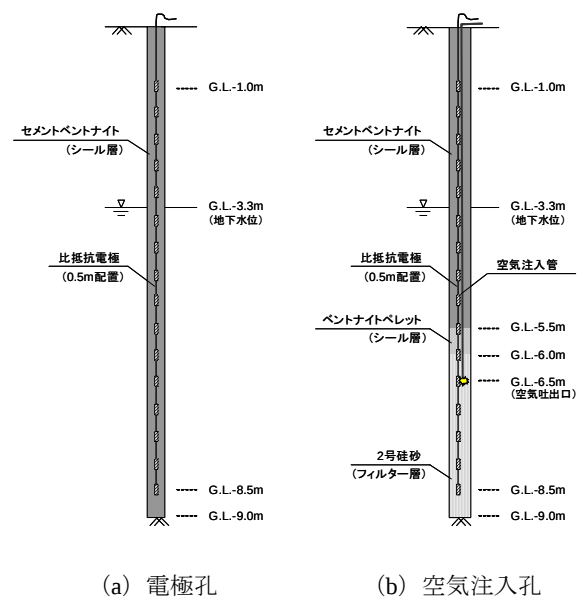


図-2 実験断面構成

キーワード: 液状化, 不飽和土, 空気注入

連絡先 〒230-0035 横浜市鶴見区安善町1丁目3 東亜建設工業 技術研究開発センター TEL045-503-3741

た. 詳細は, 文献 3 を参照されたい.

(2) 空気注入設備

空気注入設備の概要を図-3 に示す. 空気供給源から送られた空気の注入圧力・注入流量は, システム内に設置した圧力計・空気式流量計にてそれぞれ計測し, 減圧弁にて所定の条件となるように調整する構造である. 当実験では, 空気供給源に現場作業で一般的に用いられるコンプレッサーを使用し, 計測は現場内に設置した計測小屋で行った. 施工エリア内は注入管が配管されているだけの状況であり, 雑然とした作業状況が発生しないことが当工法のメリットの1つである.

4. 空気注入履歴

上記 3(1) のとおり設置した空気注入管, および(2)の設備を用いて空気注入を実施した. 図-4 に注入履歴を示す. なお空気注入の際は, 地盤内で与える注入圧力 p の大きさによって地盤に割裂破壊を生じさせてしまう可能性が懸念される. 岡村らの小型模型実験の結果では, 注入地点の静水圧 u_0 に加えて, 有効土被り圧 σ'_{v0} の約 0.8~1.5 倍で割裂破壊が生じたとの報告もある⁴⁾. そのため, 当実験では p の上限を $u_0 + 0.5\sigma'_{v0}$ として制御しながら注入を実施した. 注入を開始した直後で $(p-u_0)/\sigma'_{v0}$ は 0.3 程度を示しており, それ以降も注入 5 時間以上に亘り概ね 0.25~0.3 程度でほぼ一定に制御ができていることがわかる. また, それに応じて地盤内に注入される注入流量 q は 18~20L/min であった.

注入中の p - q 関係を図-5 に示す. 地盤に空気が注入され始めた時点の p は約 4kN/m² であり, 保水性試験で得られた p_{aev} と良く整合している. 注入開始直後の調整過程(過程①)以降では, 空気が地盤内に注入されるにしたがって p と q の関係が変動している(過程②). この傾向は, 飽和度 S_r の低下によって透気性が増大することを意味しており, 注入によって経時的に地盤の不飽和化が進行していると評価できる.

5. おわりに

著者らは, 本実験サイトを含む複数の地点で現場実験を継続的に実施し, 空気注入不飽和化工法の開発を行ってきた. 本報では, 千葉県袖ヶ浦市にて実施した現場実験のうち, 実験概要や空気の注入履歴を記した. この注入によって得られた品質調査の結果は別報にて報告することとするが, 当工法が今後発生する大地震にて生じる液状化の対策に寄与できるよう, 引き続き開発を進めていきたいと考えている.

【参考文献】1) たとえば社団法人地盤工学会: 地盤工学・実務シリーズ 18 液状化対策工法, 2005. 2) 岡村未対, 武林昌哉, 西田克司, 藤井直, 神宮寺元治, 今里武彦, 安原英明, 中川恵美子: 空気注入による地盤不飽和化の現場実験とそのモニタリング, 土木学会論文集 C, Vol.65, No.3, pp.756-766, 2009. 3) 太田正規, 磯谷修二, 大内正敏, 高野仁, 岡村未対: 空気注入不飽和化工法の現地実証実験 その 5: 千葉県袖ヶ浦市での実験概要, 第 47 回地盤工学研究発表会, 2012(投稿中). 4) 緒方宏行, 岡村未対, 矢田部龍一: 飽和地盤中に対する空気注入時の空気挙動に関する実験的研究, 土木学会四国支部平成 18 年自然災害フォーラム論文集, pp.89-92, 2006.

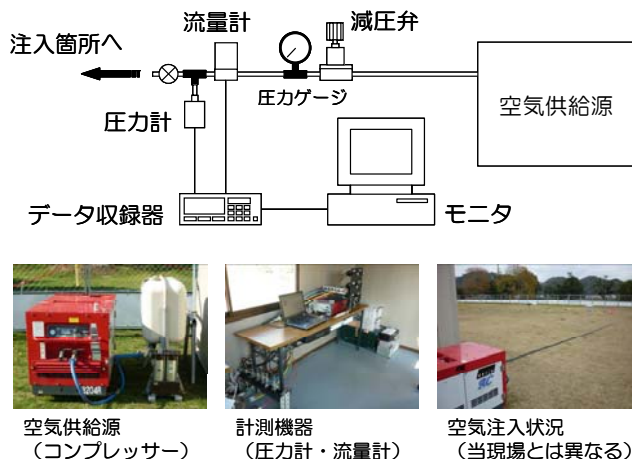


図-3 空気注入設備

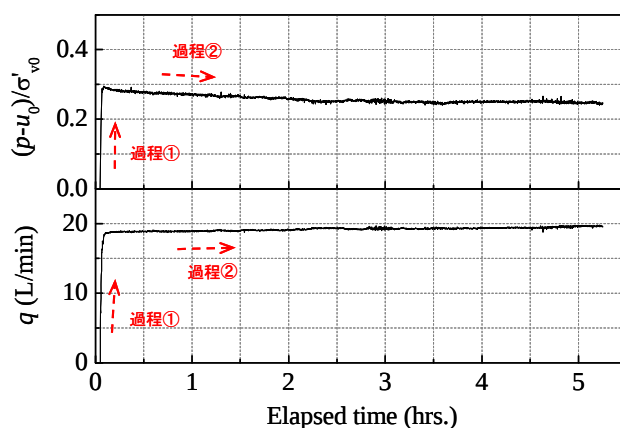


図-4 空気注入履歴

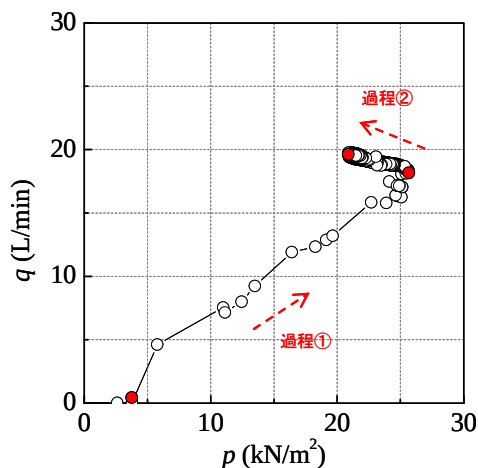


図-5 注入圧力 p と注入流量 q の関係